

(3)

corr. v 4-95/174



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Übersetzung der  
europäischen Patentschrift

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>:  
G 01 L 9/12

⑧ EP 0 376 632 B1

⑩ DE 689 13 177 T 2

②1	Deutsches Aktenzeichen:	689 13 177.1
⑥6	Europäisches Aktenzeichen:	89 313 450.2
⑥8	Europäischer Anmeldetag:	21. 12. 89
⑥7	Erstveröffentlichung durch das EPA:	4. 7. 90
⑥7	Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA:	16. 2. 94
④7	Veröffentlichungstag im Patentblatt:	7. 7. 94

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
30.12.88 US 292276

⑦3 Patentinhaber:  
United Technologies Corp., Hartford, Conn., US

⑦4 Vertreter:  
Feiler, L., Dr.rer.nat.; Hänzle, W., Dipl.-Ing.;  
Kottmann, D., Dipl.-Ing, Pat.-Anwälte, 81675  
München

⑧4 Benannte Vertragsstaaten:  
DE, FR, GB, IT, NL, SE

⑦2 Erfinder:  
Grantham, Daniel H., Glastonbury CT 06033, US;  
Latina, Mario S., Wethersfield CT 06109, US

⑥4 Kapazitiver Drucksensor und Verfahren zum Minimieren der parasitären Kapazität eines kapazitiven Drucksensors.

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 689 13 177 T 2

DE 689 13 177 T 2

1

89 313 450.2-2213

UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION

6074

5

Beschreibung

10

Technisches Gebiet

15

20

Diese Erfindung bezieht sich auf Drucksensoren, welche kapazitive Änderungen zur Messung von Druckänderungen nutzen; insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung Silizium/Glas/Silizium-Drucksensorkonstruktionen unter Verwendung einer Siliziummembran, deren druckänderungsabhängige Bewegung (Auslenkung) die Kapazität des Sensors (ver)ändert und damit ein für den anliegenden Druck repräsentatives Ausgangssignal liefert. Ganz speziell bezieht sich diese Erfindung auf die Minimierung der Langzeitdrift und der parasitären (nicht druckempfindlichen oder -abhängigen) Kapazität, die bei solchen Sensoren auftreten.

25

Stand der Technik

30

Kapazitive Drucksensoren sind an sich bekannt und werden in Kapazitätswandlern, Mikrophonen, Berstscheiben, Resonatoren, Vibratoren (Schwingern) und ähnlichen Vorrichtungen verwendet. Zahlreiche der Anwendungsfälle für derartige kapazitive Drucksensoren erfordern, daß die Sensoren extrem klein sind, d.h. in der Größenordnung von 8 mm x 8 mm.

35

1           Kapazitive Siliziumdruckwandler sind ebenfalls an sich  
bekannt. Beispielsweise offenbart die US-PS 3 634 727  
(Polye) einen Typ, bei dem zwei zentral mit Öffnung oder  
Bohrung versehene, leitende Siliziumscheiben bzw. -platten  
5           mittels einer eutektischen Metallbindung so miteinander  
verbunden sind, daß sich die Siliziumplatten unter einem  
einwirkenden Druck durchbiegen und damit die Kapazität  
des Bohrungszwischenraums (ver)ändern und eine kapazitive  
Signalwiedergabe (manifestation) der Druckgröße liefern.  
10          Diese Druckwandlerform stützt sich somit auf die druck-  
induzierte Durchbiegung oder Auslenkung einer dünnen Mem-  
bran, wobei die Membranauslenkung als Funktion eines  
Fluiddrucks eine Änderung im Abstand zwischen zwei Flä-  
chen herbeiführt, welche effektiv die Platten eines  
15          variablen Kondensators bilden. Weitere Beispiele solcher  
Siliziumdrucksensoren oder -wandler finden sich in den  
unten angegebenen US-PSen.

          Langzeitdrift und parasitäre (nicht druckabhängige)  
20          Kapazität stellen jedoch Probleme dar, welche die hohe  
(Ansprech-)Empfindlichkeit und Genauigkeit beeinträchti-  
gen, welche für z.B. anspruchsvolle Anwendungen derarti-  
ger kapazitiver Druckmeßvorrichtungen auf dem Luft-  
fahrt/Raumfahrtgebiet gefordert werden.

25           Beim derzeitigen Stand der kapazitiven Silizium/Glas/-  
Silizium-(SGS-)Sensoren stellt der Glaskreisring 16 um  
den Sensor (vgl. Fig. 1A und 1) ein nötiges Teil der Kon-  
struktion, aber auch die Ursache für druckunabhängige  
30          Kapazität dar, die sich parallel zur druckabhängigen  
Kapazität des Sensors addiert. Hierdurch werden der  
Dynamikbereich des Sensors eingeschränkt und seine  
Empfindlichkeit für Druckänderungen herabgesetzt.

1 Infolge der inhärenten Langzeitinstabilität der Glas-  
Dielektrizitätskonstante kann zudem diese(r) parasitäre  
dielektrische Glas-Kondensator oder -Kapazität zu einer  
Gesamt-Leitzeitdrift führen, die reduziert oder kompensiert  
5 werden muß, um den Leistungsanforderungen auf dem  
Luft/Raumfahrtgebiet zu genügen.

Andere Entwicklungen führten zur Fertigung einer  
Dreiklemmen- (oder Dreiplatten-)Vorrichtung, die bei Kombination  
10 mit einer geeigneten Schaltung die parasitäre Kapazität aus der Messung und damit Drift und Instabilität beseitigt.  
Die in der US-PS 4 467 394 (Grantham & Swindal) der gleichen Anmelderin (vgl. vorliegende Fig. 2) beschriebenen  
Sensoren verwenden eine Metallplatte 120 innerhalb  
15 des Bezugshohlraums 114 mit einer in den Glasabdichtring 116 eingedichteten Durchführung für die dritte Platte 120.  
Bei dieser Entwicklung ergibt sich jedoch eine nichtplane oder nichtplanparallele Struktur, die spezielle Dichtungsprobleme  
aufwirft. Die Bestimmung der gewählten Metalle warf darüber hinaus  
20 spezielle Probleme bezüglich der Festlegung der Form durch chemisches Ätzen auf.

Die EP-A-O 095 966 offenbart einen Druckwandler des kapazitiven  
Quarz-Typs mit einem Referenz- oder Bezugskondensator in  
25 Umfangsabstand(halter)wänden und einem Meßkondensator, wobei sich die Bezugskapazität nicht mit dem Druck ändert und sich auch nicht nichtlinear mit der Temperatur ändert.

30 Die US-PS 4 415 948, welche die Grundlage für den Oberbegriff von Anspruch 1 bildet, offenbart einen kapazitiven  
Drucksensor, umfassend ein eine erste kapazitive Platte bildendes  
leitendes Substrat; eine leitende, flexible, elastische Membran,  
die eine Biegebewegung infolge von Druckänderungen an ihrer Außenseite auszu-  
35 führen vermag und eine zweite kapazitive Platte bildet;

1 sowie eine zwischen dem leitenden Substrat und der leitenden Membran angeordnete nichtleitende dielektrische Schicht, die (einen) Umfangswand-Abstandhalter bildet, welche(r) sich zwischen dem leitenden Substrat und der  
5 leitenden Membran erstreckt (erstrecken) und diese verbindet (verbinden); wobei zwischen dem Substrat und der Membran eine evakuierte Kammer geformt ist, die durch eine oder mehrere Abstand(halter)wände verschlossen ist, welche durch die dielektrische Schicht zwischen Substrat  
10 und Membran geformt ist/sind; wobei die Biege- oder Auslenkbewegung der Membran infolge von Druckänderungen an ihrer Außenseite die Kapazität des Sensors sich (ver)-ändern läßt und die Kammer in ihrem Außenumriß zumindest im wesentlichen zylindrisch ist und einen Zentralbereich festlegt.

Einige beispielhafte frühere US-Patentschriften der gleichen Anmelderin auf dem Gebiet kapazitiver Drucksensoren oder -wandler sind nachstehend aufgeführt:

20	<u>Patent Nr.</u>	<u>Bezeichnung</u>	<u>Erfinder</u>	<u>Ausgabedatum</u>
	4 530 029	Capacitive Pressure Sensor With Low Parasitic Capacitance	C.D. Beristain	16.7.85
25	4 517 622	Capacitive Pressure Transducer Signal Conditioning Circuit	B. Male	14.5.85
	4 513 348	Low Parasitic Capacitance Pressure Transducer and Etch Stop Method	D.H. Grantham	23.4.85
30	4 467 394	Three Plate Silicon-Glass-Silicon Capacitive Pressure Transducer	D.H. Grantham J.L. Swindal	21.8.84
35	4 463 336	Ultra-Thin-Micro-electronic Pressure Sensors	J.F. Black T.W. Grudkowski A.J. DeMaria	31.7.84

1	<u>Patent Nr.</u>	<u>Bezeichnung</u>	<u>Erfinder</u>	<u>Ausgabe- datum</u>
	4 415 948	Electrostatic Bonded Silicon Capacitive Pressure Transducer	D.H.Grantham J.L.Swindal	15.11.83
5	4 405 970	Silicon-Glass-Silicon Capacitive Pressure Transducer	J.L.Swindal D.H.Grantham	20.9.83

10 Offenbarung der Erfindung

15 Diese Erfindung befaßt sich mit der Überwindung oder  
zumindest Minimierung des Problems der additiven druckunab-  
hängigen Kapazität des nichtleitenden Glaskreisrings  
(annulus), ohne eines der zusätzlichen Probleme der ande-  
ren früheren Lösungsversuche für dieses Problem herbeizu-  
führen.

20 Mit dieser Erfindung wird diese Aufgabe durch Einbe-  
ziehung einer dünnen dritten kapazitiven Platte nicht in  
den Zentralbereich des Sensors, sondern vielmehr außer-  
halb des Zentralbereichs und diesen umschließend, gelöst.

25 Merkmale dieser Erfindung liegen in der Auswahl von  
Werkstoffen, wobei vorzugsweise alle drei Platten aus  
leitendem (leitfähigem), dotiertem Silizium oder zu-  
mindest bevorzugt aus dem gleichen Werkstoff bestehen,  
in einer symmetrischen Anordnung der dritten Silizium-  
platte, welche den Zentralbereich umschließt und nicht  
30 in diesem positioniert ist, sowie in verbesserten Montage-  
oder Zusammenbautechniken zur Gewährleistung eines höheren  
Fertigungsausbringens und einer besseren Langzeitzuver-  
lässigkeit, wobei alle Schichten vorzugsweise planparallel  
(planar) sind.

1 Die vorgenannten sowie andere Merkmale und Vorteile  
der vorliegenden Erfindung ergeben sich noch deutlicher  
aus der folgenden weiteren Beschreibung anhand der Zeich-  
nungen, in deren jeweiligen Figuren gemeinsame (gleiche)  
5 oder analoge Elemente und Strukturen mit jeweils gleichen  
Bezugsziffern bezeichnet sind.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

10 In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1A eine teilweise weggeschnittene perspektivische  
Darstellung eines kapazitiven Silizium-auf-  
Silizium-Zweiplatten-Drucksensors nach dem  
15 Stand der Technik, der mit dem Sensor gemäß  
dieser Erfindung einige strukturelle und be-  
triebliche Eigenschaften gemeinsam hat,

Fig. 1 eine vereinfachte Seitenansicht eines kapa-  
20 zitiven Silizium-auf-Silizium-Zweiplatten-  
Drucksensors nach Fig. 1A, wobei jedoch das  
Drucköffnungs-Übergangsstück zur besseren Ver-  
anschaulichung der für diese Erfindung rele-  
vanteren Teile weggelassen ist,

Fig. 2 eine vereinfachte Seitenansicht eines kapa-  
25 zitiven Silizium-auf-Silizium-Dreiplatten-  
Drucksensors nach dem Stand der Technik, bei  
dem die hinzugefügte dritte Platte mittig im  
Zentralbereich des Sensors untergebracht ist,

Fig. 3 eine vereinfachte Seitenansicht einer beispiel-  
haften Ausführungsform eines kapazitiven Sili-  
zium/Glas/Silizium-(SGS-)Drucksensors gemäß  
35 dieser Erfindung, der eine grundsätzlich

- 1           zylindrische Form aufweist und in seinem Zen-  
          tralbereich um seine lotrechte Längsmittel-  
          linie symmetrisch und in seiner Außenkonfigura-  
5           tion quadratisch oder zylindrisch ist, wobei  
          seine dritte Platte außerhalb des Zentralbe-  
          reichs des Sensors innerhalb einer den Zentral-  
          bereich umschließenden Glas-Abstand(halter)wand  
          positioniert ist, und
- 10       Fig. 4     ein elektrisches Schaltbild der (elektrischen)  
          Ersatzschaltung des Sensors nach Fig. 3.

Beste Ausführungsart der Erfindung

- 15       -   Zweiplattensensor (Stand der Technik - Fig. 1 und 1A) -

          Zum besseren Verständnis der allgemeinen strukturellen  
          und betrieblichen Eigenschaften oder Charakteristika des  
          Zweiplattenabschnitts gemäß der vorliegenden Erfindung  
20       ist im folgenden zur allgemeinen Hintergrundinformation  
          ein vereinfachter Zweiplattensensor nach dem Stand der  
          Technik anhand der Fig. 1A und 1 erläutert.

          Bei dem Beispiel nach dem Stand der Technik, d.h.  
25       einer Silizium/Glas/Silizium-Einzeldrucksensorkonstruktion  
          des sog. Sandwich-Typs gemäß den Fig. 1A und 1, ist ein  
          dielektrischer Wandabstandhalter 16 zwischen einer Sili-  
          ziummembran 11 und einer Siliziumbasis 12 angeordnet.  
          Der dielektrische Wandabstandhalter besteht vorzugsweise  
30       aus Borsilicatglas.

          Die durch die dielektrische Schicht am betrieblichen  
          bzw. wirksamen Umfang des Sensors geformte dielektrische  
          Schicht 13 zwischen der Membran und der Basis, insbeson-  
35       dere im aufwärts verlaufenden Wandhalter- oder Abstand-  
          halterbereich 16 umfaßt ungefähr 50 % der Gesamtkapazität



1 des Sensor- oder Meßelements. Gemäß dieser Erfindung ist  
diese typischerweise am Umfang der Anordnung gelegene,  
allgemein mit " $C_p$ " bezeichnete parasitäre Kapazität mini-  
miert, wenn nicht vollständig beseitigt.

5 Gemäß Fig. 1A besitzt der beispielhafte herkömmliche  
Silizium-auf-Silizium-Drucksensor oder -wandler 10 typi-  
scherweise eine im wesentlichen quadratische äußere Kon-  
figuration, doch ist er in seiner inneren, betrieblichen  
10 oder wirksamen Unteranordnung, welche seinen Zentralbe-  
reich  $C_c$  bildet, oftmals zumindest im wesentlichen und  
vorzugsweise (hauptsächlich) kreisförmig oder zylindrisch.

15 Der Sensor 10 umfaßt eine obere, leitende, quadrati-  
sche, flexible, zweckmäßig dotierte Siliziummembran 11  
und eine untere leitende, zweckmäßig dotierte Silizium-  
basis bzw. ein Siliziumsubstrat 12 mit einer dazwischen  
angeordneten nichtleitenden dielektrischen Schicht oder  
einem Abstandhalter 13 (aus z.B. Borsilicatglas), wobei  
20 zwischen den beiden Siliziumschichten 11 und 12 ein  
(eine) geschlossene(r), evakuierte(r), hermetisch abge-  
dichtete(r) Bezugshohlraum, -kammer oder -zwischenraum  
14 geformt ist. Die Kammer 14 befindet sich typischer-  
weise auf einem Vakuum (Unterdruck) von 0 oder kann  
25 unter einem höheren Referenz- bzw. Bezugsdruck abge-  
dichtet sein, wobei bei diesem Bezugspegel die Membran  
11 parallel zum Siliziumsubstrat 12 liegt, und zwar  
typischerweise mit einem Abstand von 2  $\mu\text{m}$  zwischen ihnen.

30 Es ist darauf hinzuweisen, daß die vereinfachten  
Zeichnungen für praktische Verdeutlichungszwecke nicht  
vollständig in einem relativen Maßstab gehalten sind,  
weil die Glaswand bzw. der Glasabstandhalter 13/16  
typischerweise nur 9  $\mu\text{m}$  hoch ist, und zwar im Gegensatz  
35 zu den Dicken der Siliziumschichten 11 und 12, die bei

1 einem beispielhaften Druck 344,8 kPa (50 psi) typischerweise 0,020 cm (0,008") bzw. 0,0127 cm (0,050") betragen.

5 Ein (eine) zentral angeordnete(r), typischerweise kreisförmige(r) Sockel oder Mesa 12A ragt in die typischerweise im wesentlichen zylindrische, geschlossene Kammer 14 hinein und ist oberseitig von einer dünnen, isolierenden Schicht aus Glas 13A (in Fig. 1A nicht dargestellt) bedeckt. Aufgrund der geringen Dicke der Schicht 13A  
10 (typischerweise nur 0,5  $\mu\text{m}$ ), die üblicherweise nach der relativ hohen Wand 16 (typischerweise 9  $\mu\text{m}$  hoch) abgelagert wird, spielt diese Schicht bezüglich der parasitären Kapazität des Sensors 10 typischerweise keine bedeutsame Rolle.

15 Bei Änderung eines an der Außenseite des Sensors 10 wirkenden äußeren Umgebungsdrucks wird die Membran 11 abwärts ausgelenkt, so daß sich der Abstand zwischen den als kapazitive Platten (Kondensatorplatten) dienenden  
20 Siliziumschichten 11 und 12 ändert und verkleinert, wodurch wiederum die Kapazität des Sensors verändert wird. Diese Änderung der Kapazität als Ergebnis einer Änderung des Außendrucks an der Außenfläche der Oberseite 17 der Membran 11 wird als Maß für den Druck und seine Änderungen benutzt.

25 Leiter oder Elektroden 18A und 18B zu den Siliziumschichten 11 bzw. 12 sind vorgesehen zum Anschließen des Wandlers oder Sensors 10 an eine zweckmäßige, in  
30 vielfacher Ausgestaltung an sich bekannte Schaltung, welche die sich ändernde Kapazität (des Sensors) als Funktion des Drucks mißt. Der sich ändernde Druck an der äußeren Meßfläche 17 der elastischen Siliziummembran 11, durch den die Membran zu einer Auslenkung und einer relativen  
35 Entspannung gebracht wird, ändert die Größe der Zwischenraumkapazität zwischen der Membran und der Elektrode zum

1 unteren Siliziumsubstrat 12, welches den einwirkenden  
Druck in ein meßbares elektronisches Signal umsetzt. Wie  
oben angegeben, ist typischerweise ein beispielsweise  
2 µm großer Spalt zwischen der inneren Unterseite der  
5 Membran 11 und der Oberseite der Mesa 12A vorhanden,  
wenn sich der Sensor auf seinem Null- oder Bezugsdruck  
befindet, um eine Einwärtsauslenkung der Membran in  
Richtung auf die Mesa 12A bei einer Druckerhöhung zuzu-  
lassen.

10 Jede Wand 16 kann typischerweise bei einer Höhe von  
z.B. 9 µm eine waagerechte, seitliche oder radiale Dicke  
von z.B. 0,091 cm (0,036") aufweisen, während die ge-  
trennt aufgetragene isolierende Mesaschicht aus Glas  
15 eine Dicke von nur etwa 0,5 µm besitzt. Die Mesa 12A er-  
streckt sich von der Hauptfläche des Siliziumsubstrats  
12 aufwärts über beispielsweise 6,5 µm, wobei sie einen  
Durchmesser von beispielsweise 0,381 cm (0,150") aufweist.

20 Die Siliziummembran 11 und die Siliziumbasis 12 kön-  
nen typischerweise quadratisch sein (wobei die Ecken,  
wie dargestellt, zur Ermöglichung eines Zugangs für  
elektrische Kontakte zur Schicht bzw. zu den Schichten  
abgetragen sind) und an einer Kante eine waagerechte  
25 Länge von z.B. 0,660 cm (0,260") besitzen, während die  
Abstandhalterwand bzw. der Wandabstandhalter 16 einen  
Innendurchmesser von z.B. 0,483 cm (0,190 ") aufweisen  
kann. Die äußere Seitenfläche des Wandabstandhalters 16  
kann entweder der im wesentlichen quadratischen Konfi-  
30 guration der Siliziumschichten 11, 12 angepaßt sein  
oder eine kreisförmige Außenkonfiguration aufweisen.

Ein Übergangsstück 18 ist z.B. über eine Glasschicht  
20 mit der oberen Außenfläche 17 der Membran 11 verbun-  
35 den (verklebt) und weist eine Drucköffnung 19 auf, über

1 welche der zu messende Druck die Membran beaufschlagt.  
Der Sensor 10 ist seinerseits für Verwendung auf dem  
vorgesehenen Anwendungsgebiet zweckmäßig montiert.

5 - Dreiplattensensor (Stand der Technik - Fig. 2) -

Der in Fig. 2 dargestellte herkömmliche Dreiplatten-  
sensor ähnelt weitgehend dem Zweiplattensensor gemäß den  
Fig. 1A und 1, nur mit dem Unterschied, daß eine dritte  
10 leitende Platte 120 im eigentlichen Zentralbereich des  
Sensors 110 hinzugefügt worden ist. Diese dritte Plat-  
te besteht typischerweise aus Metall und nicht aus  
dotiertem Silizium, und sie ist in einer abgedichteten  
Durchführung 121 durch die Seitenwand 116A aus der Kammer  
15 114 herausgeführt, damit ein elektrischer Kontakt mit  
ihr herstellbar ist.

Wie sich aus Fig. 2 deutlich ergibt, führt dies -  
insbesondere bezüglich der Glasschichten 116, 116A - zu  
20 einer nicht planparallelen Anordnung.

Die Siliziummembran 111 und die Basis 112 arbeiten  
auf ähnliche Weise wie die Membran 11 und die Basis 12  
beim Sensor 10. Bezüglich weiterer Information über die-  
se Art des herkömmlichen Dreiplattensensors sei auf die  
25 oben angegebene US-PS 4 467 394 verwiesen.

Derartige herkömmliche Dreiplattensensoren sind mit  
den Problemen bezüglich Langzeitdrift und parasitärer Kapa-  
30 zität behaftet, deren Überwindung oder zumindest Mini-  
mierung die vorliegende Erfindung bezweckt, ohne für die-  
sen Zweck zusätzliche Schaltungen benutzen zu müssen.

1        - Dreiplattensensor gemäß der Erfindung (Fig. 3 und 4) -

5        Im Gegensatz zu den bisherigen Sensoren nach den Fig. 1 und 2 umfaßt der erfindungsgemäße Dreiplattensensor 210, der nachstehend anhand der Fig. 3 und 4 näher erläutert werden soll, eine vorzugsweise aus dotiertem, leitfähigem Silizium bestehende dritte Platte 220, die in der Glas-  
10        Abstandhalterwand 216 angeordnet ist und den Zentralbereich des Sensors 210 umschließt bzw. sich um ihn herum erstreckt, ohne dabei innerhalb des Zentralbereichs angeordnet zu sein. Die dritte Kondensatorplatte 220 ist um die lotrechte Längsmittelachse des Sensors 210 herum symmetrisch und besitzt grundsätzlich die Form einer flachen Scheibe; sie bildet einen Kreisring (annulus),  
15        wenn der Sensor eine zylindrische Außenform besitzt. Bei dieser Ausgestaltung ist keine Durchführung durch die Abstandhalterwand 216 in die Kammer 214 nötig, um eine elektrische Verbindung zur dritten Platte 220 herzustellen, weil die Außenkante der dritten Platte 220 für die  
20        Herstellung einer elektrischen Verbindung mit ihr ohne weiteres verfügbar und zugänglich ist.

25        Die Fig. 3 und 4 sind verallgemeinerte oder schematische Darstellungen einer kapazitiven Druckmeßvorrichtung gemäß den Prinzipien der vorliegenden Erfindung, wobei die dritte Platte 220 vorzugsweise aus einer sehr dünnen Schicht aus elektrisch leitendem, polykristallinem Silizium oder gewünschtenfalls einem Metall oder einem anderen leitfähigen Werkstoff hergestellt ist. Die drei  
30        Platten 211, 212 und 220 bestehen vorzugsweise aus den gleichen Werkstoffen, d.h. bevorzugt aus elektrisch leitendem, polykristallinem Silizium.

35        Zu den leitfähigen Siliziummembranen 211 sowie den leitfähigen Siliziumbasen 212 und auch zur dritten

1 Siliziumplatte 220 geführte Leiter oder Elektroden (aus  
Vereinfachungsgründen in Fig. 3 nicht dargestellt, je-  
doch ähnlich den Leitern bzw. Elektroden 18A und 18B  
nach Fig. 1A) sind für den Anschluß des Wandlers oder  
5 Sensors 210 an eine an sich bekannte zweckmäßige Schal-  
tung vorgesehen. Die Schaltung mißt die sich ändernden  
Kapazitäten als umgekehrte Funktion des über die (nicht  
dargestellte) Drucköffnung die Außenseite 217 der Mem-  
bran 211 beaufschlagenden Drucks, der die Membran zu  
10 einer Durchbiegung oder Auslenkung bringt und damit die  
Größe der Kapazität ändert, wodurch der einwirkende  
Druck in meßbare elektronische Signale umgesetzt wird.

Einige der Vorteile dieser Konstruktion gemäß der  
15 Erfindung gegenüber anderen Dreiplattenkonfigurationen,  
wie die herkömmliche Anordnung gemäß Fig. 2, liegen in  
ihrer zylindrischen Symmetrie, der bevorzugten oder vor-  
teilhaften Wahl von Silizium als Werkstoff für kom-  
patible Eigenschaften sowie der Planparallelität  
20 (planarity) der Dichtflächen mit davon herrührenden  
Dichtungen oder Abdichtungen hoher Integrität.

Die Herstellung kann beispielsweise in ähnlicher  
Weise erfolgen, wie sie bereits in anderen Patentschrif-  
25 ten der gleichen Anmelderin beschrieben ist, nämlich  
z.B. in US-PS 4 415 948 (Grantham & Swindal).

Zunächst wird durch (Kathoden-)Zerstäubung, Ionen-  
strahlzerstäubung oder nach anderer geeigneter Technik  
30 eine Glasschicht 213 auf der geformten Siliziumbasis  
212 abgelagert. Sodann wird erfindungsgemäß eine sehr  
dünne polykristalline (oder amorphe) Siliziumschicht  
mit einer Dicke von z.B. etwa 1  $\mu\text{m}$  abgelagert bzw.  
niedergeschlagen; gewünschtenfalls, falls andere Erwägun-  
35 gen dies verlangen, können auch andere Maße ohne Beein-  
trächtigung der vorgesehenen Leistungsfähigkeit benutzt  
werden.

1        Als nächstes wird eine weitere Glasschicht 213 abgelagert. Sodann wird eine Ecke der dritten Platte durch  
Ätzen, Sägen oder auf andere Weise freigelegt. Diese  
freigelegte Ecke kann für elektrostatisches Bonden der  
5        Siliziummembran 211 an der Basisstruktur benutzt werden.

10       Die erforderlichen photolithographischen und Ätzschritte für die Festlegung des Referenzraums 214, d.h. der geschlossenen, evakuierten Kammer, sowie die Begrenzung (delineation) der dritten Siliziumplatte 220 sind dem Durchschnittsfachmann wohl bekannt und zur Verkürzung der Beschreibung vorliegend nicht erläutert.

15       Wenn es sich bei den Fertigungsmaterialien um von Silizium verschiedene Leiter handelt und der Abstandhalter-Isolator ein von Glas verschiedener Werkstoff ist, gelten ähnliche Überlegungen, wie oben angegeben; eine dritte Platte kann auf ähnliche Weise, wie vor-  
20       stehend für Silizium angegeben, der Konstruktion einverleibt werden.

25       Gemäß dem Schaltbild von Fig. 4 wird bei der verwendeten Meßschaltung, die grundsätzlich eine Schmitt-Trigger-schaltung ist, das Potential der Basis 212C durch den Operationsverstärker 230 am dritten Zwischenplattenpotential 220C gehalten. Wenn der Mittelpunkt (Knotenpunkt) der in Reihe geschalteten Kondensatoren auf dem gleichen Potential wie der Spannungseingang gehalten  
30       wird, fließt keine Ladung über den Zweig "B" von der Quelle am Membrananschluß 211C. Die parasitären und instabilen dielektrischen Eigenschaften von Glas sind oder werden damit aus der Messung beseitigt.

1            Beispielhafte Abmessungen für den Dreiplattendruck-  
sensor 210, die vorher nicht bezüglich des beispielhaf-  
ten Zweiplattendruckensors 10 oder sonstwie angegeben  
worden sind, sind nachstehend aufgeführt.

5            Die dritte Platte 220 kann eine beispielhafte Dicke  
von 1  $\mu\text{m}$  aufweisen, wobei Glas einer Dicke von z.B. 0,5  $\mu\text{m}$   
zwischen dem Innendurchmesser der dritten Platte und dem  
10           Außendurchmesser der Kammer 214 vorhanden ist. Der Außen-  
durchmesser oder die Weite der dritten Platte 220 kann  
z.B. 0,660 cm (0,260") betragen, und zwar bei einem bei-  
spielhaften Innendurchmesser von 0,483 cm (0,190")  
minus 1  $\mu\text{m}$ . Die Dicke der Glasschichten 213 über und  
15           unter der dritten Platte 220 kann beispielsweise 6  $\mu\text{m}$   
betragen..

            Es ist darauf hinzuweisen, daß die benutzten Aus-  
drücke "über" oder "unter", "unten" oder "oben" sowie  
"lotrecht" oder "waagerecht" in einem beispielhaften,  
20           relativen, auf die Zeichnungen bezogenen Sinn zu ver-  
stehen sind. In einem bestimmten Anwendungsfall kann  
somit das Siliziumsubstrat tatsächlich z.B. unterhalb  
der Membran angeordnet sein; anstatt die Siliziumschich-  
ten mit lotrechtem Wandabstandhalter waagerecht anzu-  
25           ordnen, können die Siliziumschichten auch lotrecht  
oder unter einem spitzen Winkel zur Waagerechten ange-  
ordnet sein, wobei die dielektrische Schicht relativ  
dazu zweckmäßig positioniert ist.



5 Patentansprüche

10 1. Kapazitiver Drucksensor (210) des Leiter/Dielek-  
trikum/Leiter-Typs, umfassend:

ein eine erste kapazitive Platte bildendes, leiten-  
des Substrat (212),

15 eine leitende, flexible (biegsame), elastische Mem-  
bran (211) mit einer Außenseite (217), welche Membran  
eine Biege- oder Auslenkbewegung infolge von Druckänderun-  
gen an ihrer Außenseite auszuführen vermag und eine zwei-  
te kapazitive Platte bildet, und

20 eine zwischen dem leitenden Substrat und der leiten-  
den Membran angeordnete nichtleitende dielektrische  
Schicht (213), die (eine) zwischen dem leitenden Substrat  
und der leitenden Membran verlaufende und diese (mitein-  
ander) verbindende Umfangs-Abstandhalterwand oder -wände  
(216) festlegt, wobei zwischen dem Substrat und der

25 Membran eine evakuierte Kammer (214) gebildet ist, die  
durch die Abstandhalterwand oder -wände, durch die di-  
elektrische Schicht zwischen Substrat und Membran gebil-  
det, verschlossen ist, wobei die Auslenkbewegung der

30 Membran infolge von Druckänderungen an ihrer Außenseite  
eine Kapazitätsänderung des Sensors herbeiführt, (und)  
wobei die Kammer in ihrer Außenkonfiguration zumindest  
im wesentlichen zylindrisch ist und einen Zentralbereich  
festlegt, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor ferner

35 eine dritte leitende Platte (220) aufweist, die in der  
(den) Abstandhalterwand oder -wänden angeordnet, zwischen

1        das leitende Substrat und die leitende Membran eingefügt  
und von diesen durch die dielektrische Schicht getrennt  
ist und eine dritte kapazitive Platte bildet, und daß  
5        die dritte leitende Platte (220) den Zentralbereich um-  
schließt, aber praktisch außerhalb des Zentralbereichs  
angeordnet und von der Außenseite des Sensors (210) her  
elektrisch zugänglich ist, wobei die dritte leitende  
Platte (220) im Vergleich zum leitenden Substrat (212)  
10        und zur leitenden Membran (211) verhältnismäßig dünn  
ist.

2.        Kapazitiver Drucksensor nach Anspruch 1, wobei  
alle Platten (211, 212, 220) aus dem gleichen Werkstoff  
15        hergestellt sind.

3.        Kapazitiver Drucksensor nach Anspruch 1, wobei  
die dritte Platte (220) aus Silizium hergestellt ist.

4.        Kapazitiver Drucksensor nach Anspruch 1, wobei  
20        der Sensor in seinem Zentralbereich grundsätzlich zylind-  
risch ist und wobei die dritte Platte (220) einen Kreis-  
ring (annulus) bildet, der um die Längsmittel(linien)achse  
des Sensors symmetrisch ist.

5.        Kapazitiver Drucksensor nach Anspruch 4, wobei  
25        die dritte Platte (220) eine (ring)scheibenartige Form  
aufweist.

6.        Kapazitiver Drucksensor nach Anspruch 1, wobei  
30        die dritte Platte (220) eine Dicke von etwa 1  $\mu\text{m}$  (einem  
Mikrometer) aufweist.

7.        Kapazitiver Drucksensor nach Anspruch 1 oder 6,  
wobei alle drei Platten (211, 212, 220) aus dotiertem,  
35        leitendem Silizium hergestellt sind.

1           8.   Kapazitiver Drucksensor nach Anspruch 7, wobei  
die dielektrische Schicht(213) aus Glas besteht.

5           9.   Verfahren zum Minimieren der parasitären Kapa-  
zität eines kapazitiven Drucksensors (21) mit  
einem leitenden Substrat (212),

          einer eine Außenseite (217) aufweisenden leitenden  
Membran (211), die infolge von Druckänderungen an ihrer  
Außenseite eine Biege- oder Auslenkbewegung auszuführen  
10       vermag, und

          einer zwischen dem leitenden Substrat und der leiten-  
den Membran angeordneten nichtleitenden dielektrischen  
Schicht (213), die (eine) zwischen dem Substrat und der  
Membran verlaufende und diese (miteinander) verbindende  
15       Umfangs-Abstandhalterwand oder -wände (216) festlegt,  
wobei zwischen dem Substrat und der Membran eine evaku-  
ierte Kammer (214) gebildet ist, die durch die Abstand-  
halterwand oder -wände, durch die dielektrische Schicht  
zwischen Substrat und Membran gebildet, verschlossen ist,  
20       wobei die Auslenkbewegung der Membran infolge von Druck-  
änderungen an ihrer Außenseite eine Kapazitätsänderung  
des Sensors herbeiführt,

          gekennzeichnet durch den (die) folgenden Schritt(e):

          Vorsehen einer dritten leitenden Platte in der (den)  
25       Abstandhalterwand oder -wänden, zwischen das leitende  
Substrat und die leitende Membran eingefügt und von  
ihnen durch die dielektrische Schicht getrennt, wobei  
die dritte leitende Platte den Zentralbereich umschließt  
und von der Außenseite des Sensors her elektrisch zugäng-  
30       lich ist und die dritte leitende Platte (220) im Ver-  
gleich zum leitenden Substrat (212) und zur leitenden  
Membran (211) verhältnismäßig dünn ist.

          10.   Verfahren nach Anspruch 9, umfassend den (die)  
35       folgenden Schritt(e):

1           Ausbilden der drei Platten (211, 212, 220) aus dem  
gleichen Werkstoff.

5           11.   Verfahren nach Anspruch 9, umfassend den (die)  
folgenden Schritt(e):

Ausbilden der drei Platten (211, 212, 220) aus leitendem Silizium.

10          12.   Verfahren nach Anspruch 11, umfassend den (die)  
folgenden Schritt(e):

15           Ausbilden der dritten Platte (220) durch Ablagern  
oder Niederschlagen zunächst einer dielektrischen Glasschicht,  
sodann einer etwa 1 µm dicken, dünnen leitenden Siliziumschicht  
auf der Oberseite der ersten dielektrischen Glasschicht und  
anschließend einer die dünne Siliziumschicht bedeckenden zweiten  
dielektrischen Glasschicht und Heranziehen der dielektrischen  
Schichten als die Abstandhalterwand oder -wände.

20          13.   Verfahren nach Anspruch 12, umfassend den (die)  
folgenden Schritt(e):

25           Erzeugen von planparallelen (planar) Schichten beim  
Ablagern oder Niederschlagen der beiden dielektrischen  
Schichten und der dünnen Siliziumschicht.

30

35



## STAND DER TECHNIK



## STAND DER TECHNIK



## STAND DER TECHNIK

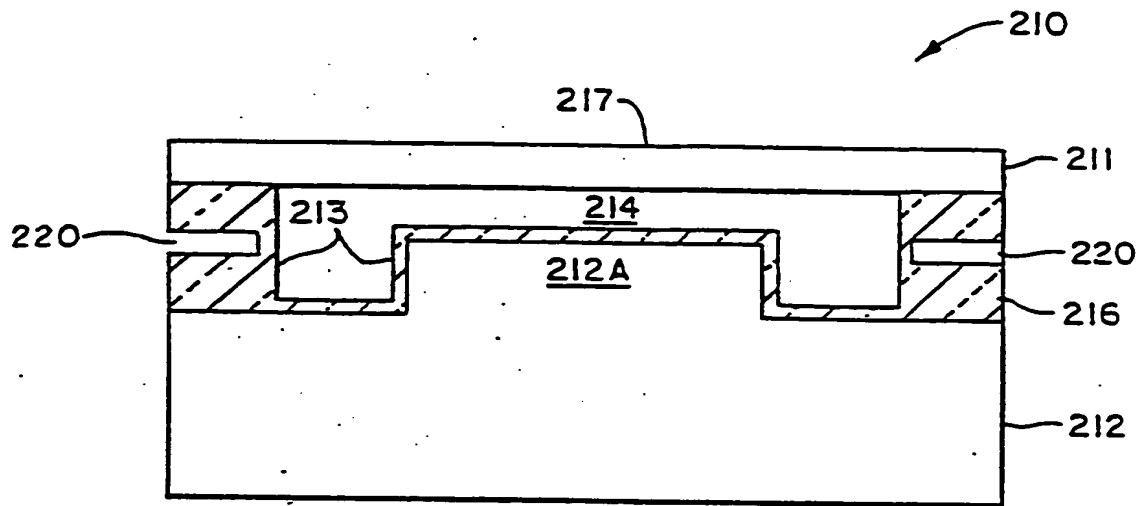


FIG. 3

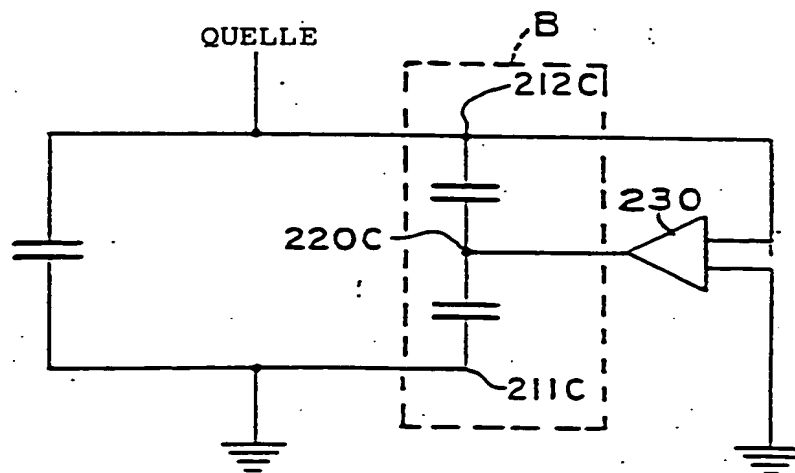


FIG. 4